

# Kan vi stole på utslippsdata?

Kristin Rypdal

*Statistikk over utslipp til luft er til dels basert på usikre beregninger. Nivået på totale utslipp av klimagasser i Norge kan ligge i et intervall av  $\pm 15$ -20 prosent av de offisielle beregningene. Ifølge Kyotoprotokollen kan Norge maksimalt øke utslippene med 1 prosent fra 1990 til 2008-2012. På grunn av usikkerhet i beregningene, risikerer man at faktiske utslipp har økt mer enn det beregningene viser. Usikkerheten i denne trenden er beregnet til  $\pm 4$  prosentpoeng. Utslippsdata vil også inngå i et system for handel med utslippskvoter. Siden det er knyttet økonomiske kostnader til å redusere utslipp eller å kjøpe utslippskvoter, innebærer usikkerhet i utslippsdata insitammenter til å rapportere gale data. Derfor er det viktig med felles internasjonale regler for beregninger av utslippsdata og systemer for kontroll av rapporterte data på både nasjonalt og internasjonalt nivå. Kunnskaper om usikkerhet i utslippsdata kan utnyttes når dataene skal forbedres.*

## 1. Innledning

Det er oppnådd internasjonal enighet om flere forpliktende miljøavtaler for å redusere global og regional luftforurensning. Mest kjent er Kyoto-protokollen som skal begrense utslippene av klimagasser<sup>1</sup>. I Europa er Gøteborgprotokollen viktig for å fortsatt oppnå reduksjoner i utslipp som bidrar til forurensning, eutrofiering (overgjødning) og dannelse av bakkenær ozon<sup>2</sup>. I Norge og andre land er det etter hvert inngått frivillige avtaler mellom bedrifter og bransjer med konkrete mål for å redusere utslipp. Nylig har Stortinget vedtatt at det skal innføres et system for handel med utslippskvoter. Et lignende system skal antakelig også innføres i EU.

Utslippsdata danner grunnlaget for å bedømme om utslippsforpliktelsene er innfridd. For internasjonale miljøavtaler brukes de nasjonale utslippsstatistikkene. I Norge utarbeides denne statistikken av SSB og Statens forurensningstilsyn (SFT). For avtaler på bedriftsnivå/kvotehandling brukes data målt eller beregnet av bedriftene. Det norske utslippsregnskapet er kort beskrevet i Boks 1.

For store bedrifter kan det være aktuelt å måle utslippene, men i praksis vil mange data, også for enkeltbedrifter, være basert på beregninger. Ofte beregnes utslippet ved å multiplisere aktivitetsdata (f.eks. bruk av energigivare eller produksjon) med en utslippsfaktor

som angir utslipp per aktivitetsenhet. For en del utslippskilder er det utviklet mer avanserte beregningsmodeller. Aktivitetsdataene vil ofte være statistiske

### Boks 1. Det norske utslippsregnskapet

Det norske regnskapet over utslipp til luft beregnes i samarbeid mellom Statens forurensningstilsyn (SFT) og SSB. Regnskapet er basert på data som enkeltbedrifter har rapportert til SFT. Dette omfatter stort sett store industribedrifter. Det er i særlig grad  $\text{SO}_2$ , PFK og  $\text{SF}_6$  som er omfattet av denne rapporteringen. For andre utslippskilder blir utslippene beregnet. Aktivitetsdataene hentes ofte fra statistikk produsert av SSB og andre norske institusjoner; industristatistikken, forbrukerundersøkelser, transportstatistikk, landbruksstatistikk osv. Utslippsfaktorene kan være basert på norske målinger der dette finnes. I praksis er mange av utslippsfaktorene hentet fra utenlandske forskningsarbeider og manualer. Det norske regnskapet dekker nå alle antatt vesentlige utslippskilder for klimagasser, forurensende komponenter, viktige miljøgifter, NMVOC og partikler.

Det norske utslippsregnskapet tilstreber å følge internasjonale standarder slik de er definert av IPCC<sup>1</sup> og langtransportkonvensjonen under UNECE<sup>2</sup>. Utslippsdata rapportert under klimakonvensjonen blir også regelmessig underlagt en revisjon foretatt av et internasjonalt revisjonsteam.

Formelt har Miljøverndepartementet ansvar for å rapportere utslippsdata til klimakonvensjonen og langtransportkonvensjonen. Utslippsregnskapet til SSB og SFT brukes i disse rapporteringene.

**Kristin Rypdal** er forsker ved Seksjon for miljøstatistikk. (kristin.rypdal@ssb.no)

<sup>1</sup> FN's klimapanel (Intergovernmental Panel of Climate Change).

<sup>2</sup> United Nations Economic Commission for Europe.

<sup>1</sup> Avtalen omfatter utslipp og delvis opptak av karbondioksid ( $\text{CO}_2$ ), metan ( $\text{CH}_4$ ), lystgass ( $\text{N}_2\text{O}$ ), de tre fluorgassene PFK, HFK og  $\text{SF}_6$ . De totale klimagassutslippene er disse komponentene veid sammen ved hjelp av GPW (Global Warming Potentials) for hver gass.

<sup>2</sup> Denne protokollen omfatter svoveldioksid ( $\text{SO}_2$ ), nitrogenoksider ( $\text{NO}_x$ ), ammoniakk ( $\text{NH}_3$ ) og flyktige organiske forbindelser (NMVOC).

data og er kjent, men for enkelte utslippskilder vil aktivitetsdataene være mangelfulle. Et eksempel på det er bålbrekking.

Den største usikkerheten i utslippsdata skyldes imidlertid manglende kunnskap om utslippsfaktorer og hvilke faktorer som påvirker utslippsnivået. Utslippsfaktorene som brukes i det nasjonale regnskapet er basert på målinger, men ofte kan disse være hentet fra andre land eller være gamle. Både teknologi og klima påvirker utslippsfaktorene. I mange tilfeller er det også ukjent hvordan utslippsfaktoren varierer over tid. En del prosesser som genererer utslipp er svært komplekse, dette gjelder særlig utslippskilder knyttet til avfallsfyllinger, jordbruk, husdyrhold og skog. Usikkerheten blir da særlig høy fordi det kan være ukjent hvordan ulike faktorer påvirker utslippene samtidig som klimatiske forhold og praksis helt sikkert har stor betydning. For noen utslippskomponenter kan vi heller ikke utelukke at det finnes ukjente utslippskilder<sup>3</sup>.

På tross av stor usikkerhet anvendes stort sett utslippsdata som om de var en eksakt størrelse. Denne artikkelen beskriver hva vi vet om usikkerheten i utslipp av klimagasser og forsurende gasser i Norge. Vi vil også beskrive hvilke implikasjoner usikkerhet kan ha for praktiske anvendelser av utslippsdata i miljøavtaler og handel med utslippskvoter.

## 2. Usikre utslippsdata

Beregnet usikkerhet i utslippene til luft av klimagasser, SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, NH<sub>3</sub> og NMVOC er vist i Tabell 1, 2 og 3 basert på Rypdal og Zhang (2001) og Rypdal og Zhang (2002). Usikkerheten er gitt i høyre kolonne som prosent av utslippet for hver komponent, og for klimagasser også for totalt sammenveide utslipp. Usikkerhetsestimatene i disse arbeidene er basert på ekspertvurderinger av usikkerheten i alle utslippsfaktorer og aktivitetsdata. Metoden er forklart i Boks 2.

I beregningene av usikkerhet er det ikke tatt hensyn til mulige regnefeil. Et utslippsregnskap består av mange data og beregninger, og regnefeil er vanskelig å unngå. Det er særlig krevende å oppnå full konsistens over tid. Vi mener imidlertid at betydningen av denne typen feil er liten i det norske regnskapet over totale utslipp fordelt på utslippskilde fordi det har vært arbeidet mye med kvalitetssikringsrutiner.

Beregnet usikkerhet i nivået av de aller fleste klimagassene er relativt høy; ±21 prosent for klimagasser samlet (se Tabell 1). Usikkerheten i CO<sub>2</sub>-utslipp er lav siden disse utslippene varierer lite med aktivitetsnivå (f.eks. mengde forbrent drivstoff). Imidlertid kan usikkerheten være betydelig for utslipp av lystgass, noe som særlig skyldes den høye usikkerheten knyttet til

### Boks 2. Beregninger av usikkerhet i utslippsdata

Alle data som brukes i utslippsberegningene (direkte rapporterte utslipp, aktivitetsdata og utslippsfaktorer) bidrar til usikkerheten i totale utslipp og endringen over tid (trenden). Det kan også være usikkerhet knyttet til selve modellen (sammenhengen mellom aktivitetsdata og utslippsfaktor), men denne kan vi med dagens kunnskap ikke separere ut fra andre faktorer. Usikkerheten kan være høy i noen av utslippsfaktorene, det er ikke alltid grunnlag for å anta at alle dataene er normalfordelt og det kan være korrelasjoner i datasettet (for eksempel at samme data inngår i flere delberegninger). For å beregne usikkerheten i nasjonale utslipp og trend har vi derfor basert oss på en stokastisk simulering. For hver parameter har vi bestemt et standardavvik og en sannsynlighetstetthet. Verdien av aktivitetsdata, utslippsfaktor og direkte rapporterte utslipp slik de brukes i utslippsberegningene er brukt som initiell verdi i simuleringene. Basert på et slikt datasett kan man beregne ulike utfall basert på sannsynlighetsfordelingene til hver parameter. Dette kan gjentas mange ganger for å få beregnet sannsynlighetsfordelingen for totale utslipp og trenden. Denne sannsynlighetsfordelingen brukes som et estimat for standardavvik i totale utslipp og trenden. Usikkerheten slik den er oppgitt her, er to standardavvik.

For å gjennomføre analysen må vi altså ha et estimat for usikkerheten i input-dataene. Ideelt sett kunne en tenke seg at disse kunne hentes fra ulike utslippsmålinger, men i praksis er ikke det mulig. Ofte finnes ikke måledata på en standardisert form, eller så vil det være ytterligere usikkerhet knyttet til anvendelse av måledata i utslippsberegningene. I praksis blir derfor usikkerheten i input-dataene basert på ekspertvurderinger. Utslippseksperter er blitt kontaktet og intervjuet om størrelse på usikkerheten og mulige systematiske feil ved anvendelse av dataene i utslippsberegningene. Utslippseksperter omfatter ansvarlige for rapportering av utslipp fra store industribedrifter og andre med kunnskap om enkelte utslippskilder. Vurderingen av usikkerhet for andre områder er basert på spredning på data i litteraturen, statistiske feil i energidata og andre feilkilder.

For mange input-data er hovedresultatene nokså robuste for antagelsene om usikkerhet. Dersom en enkeltkilde dominerer usikkerheten (f.eks. lystgass fra jordbruk), vil resultatene imidlertid kunne være subjektive (Rypdal og Winiwarter 2001). Metodikken er beskrevet i mer detalj i Rypdal og Zhang (2000) og Rypdal og Zhang (2001).

bidraget fra bruk av gjødsel og andre aktiviteter i jordbruket. Utslipp og opptak fra skog og endringer i arealbruk er ikke regnet med her. Det er forventet at usikkerheten ville vært høyere om dette hadde vært inkludert (Winiwarter og Rypdal 2001). Årlig tilvekst som antall kubikkmeter stamme er relativt godt kjent, mens totalt karbon som inkluderer røtter, grener og karbon i jorda er usikkert. Det totale netto CO<sub>2</sub>-opptaket som følge av årlig tilvekst i norsk skog er høyt,

<sup>3</sup> Naturlige utslipp er ikke med i utslippsregnskapet, men skillet mellom naturlige og menneskeskapte utslipp kan være uklart for utslippskilder knyttet til skog og jordbruk. Utslipp fra husdyr skal regnes med, men ikke utslipp fra ville dyr - selv om populasjonen av «ville» dyr ofte er kontrollert. NMVOC fra skog skal ikke regnes med selv om skogen er en plantasje.

**Tabell 1. Usikkerheten i de norske utslippene av klimagasser. 1990 og 2010<sup>1</sup>. Hver gass for seg og samlede utslipp**

	Utslipp <sup>2</sup>	Andel av totale utslipp	Usikkerhet 2 standardavvik (% av utslipp)
<b>1990</b>			
CO <sub>2</sub>	35 mill. tonn	0,67	3
CH <sub>4</sub>	317 ktonn	0,12	22
N <sub>2</sub> O	18 ktonn	0,11	200
HFC	0,13 tonn	0,00	50
PFC	390 tonn	0,05	40
SF <sub>6</sub>	95 tonn	0,04	5
Total	52 mill. tonn	1,00	21
<b>2010<sup>3</sup></b>			
CO <sub>2</sub>	48 mill. tonn	0,76	4
CH <sub>4</sub>	286 ktonn	0,10	20
N <sub>2</sub> O	19 ktonn	0,09	170
HFC	580 tonn	0,02	50
PFC	185 tonn	0,02	40
SF <sub>6</sub>	21 tonn	0,01	9
Total	63 mill. tonn	1,00	17

<sup>1</sup> Utslipp og opptak i skog og arealbruksendringer er ikke inkludert.<sup>2</sup> Historiske utslipp avviker fra senere publiserte data på grunn av forbedringer i datagrunnlaget.<sup>3</sup> Data for 2010 har usikkerhet som om dataene var historiske (usikkerheten i framskrivingene er ikke regnet med). Framskrivningene brukt her avviker fra senere publiserte data og reflekterer ikke SSBs syn på framtidige utslipp.

men i rapporteringen under Kyoto-protokollen vil bare en del av dette regnes med.

Usikkerheten i utslippene av SO<sub>2</sub> er nokså lav ( $\pm 4$  prosent) (se Tabell 3). Dette skyldes at en stor andel av utslippene er basert på data beregnet og målt av bedriftene og at svovelinnholdet i oljeproduktene er godt kjent. Usikkerheten i utslippene av NO<sub>x</sub>, NH<sub>3</sub> og NMVOC er høyere, mellom  $\pm 10$  og  $\pm 20$  prosent.

Forpliktelsene under Kyotoprotokollen er gitt som prosentvis reduksjon (eller maksimal prosentvis økning) i forpliktelsesperioden (2008-2012) i forhold til basisåret 1990. Forpliktelsene er forskjellige for hvert land som har undertegnet. Norge kan øke utslippene med maksimalt 1 prosent. Usikkerheten i denne trenden av klimagassutslippene er beregnet til  $\pm 4$  prosentpoeng (se Tabell 2). Usikkerheten i trenden blir relativt lav fordi utslippene for hvert år ikke er beregnet uavhengig av hverandre, og samme metodikk, og ofte også samme utslippsfaktorer, er brukt. For de andre gassene er trenden av mindre interesse siden forpliktelsene er gitt som maksimalt tillatt utslipp (utslippstak, se Boks 3). Absolutt usikkerhet i ktonn er høyest for NO<sub>x</sub> og NMVOC. Analysen til Rypdal og Zhang (2001) viste også at utslippene kan være over- eller underestimert på grunn av systematiske feil.

Usikkerheten i totale utslipp på nasjonalt nivå som presentert over er relevant for internasjonale utslippsforpliktelser. For andre anvendelser, f.eks. handel med

**Tabell 2. Usikkerhet i trenden av norske utslipp av klimagasser. 1990-2010**

	Prosent endring 1990-2010 <sup>1,2</sup>	Usikkerhet 2 standardavvik (prosentpoeng av endring)
CO <sub>2</sub>	36	5
CH <sub>4</sub>	-10	16
N <sub>2</sub> O	10	13
HFC	-	-
PFC	-51	20
SF <sub>6</sub>	-77	4
Total	21	4

<sup>1</sup> Historiske utslipp avviker fra senere publiserte data på grunn av forbedringer i datagrunnlaget.<sup>2</sup> Data for 2010 har usikkerhet som om dataene var historiske (usikkerheten i framskrivingene er ikke regnet med). Framskrivningene brukt her avviker fra senere publiserte data og reflekterer ikke SSBs syn på framtidige utslipp.**Tabell 3. Usikkerheten i de norske utslippene av SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, NH<sub>3</sub> og NMVOC. 1990, 1998 og 2010.**

	Utslipp <sup>1</sup> (ktonn)	Usikkerhet 2 standardavvik (ktonn)	Usikkerhet 2 standardavvik (% av utslipp)
<b>1990</b>			
SO <sub>2</sub>	52,7	2	4,0
NO <sub>x</sub>	219,0	27	12
NMVOC	298,4	54	18
NH <sub>3</sub>	22,9	5	21
<b>1998</b>			
SO <sub>2</sub>	29,8	1	4,2
NO <sub>x</sub>	224,0	42	12
NMVOC	344,5	72	21
NH <sub>3</sub>	27,0	5	18
<b>2010<sup>2</sup></b>			
SO <sub>2</sub>	22,0	1	5,0
NO <sub>x</sub>	156,0	19	12
NMVOC	194,0	29	15
NH <sub>3</sub>	23,0	5	21

<sup>1</sup> Historiske utslipp avviker fra senere publiserte data på grunn av forbedringer i datagrunnlaget.<sup>2</sup> Data for 2010 har usikkerhet som om dataene var historiske (usikkerheten i framskrivingene er ikke regnet med). Framskrivningene brukt her avviker fra senere publiserte data og reflekterer ikke SSBs syn på framtidige utslipp.

utslippskvoter, er det relevant å se på usikkerheten i utslipp fra enkelte utslippskilder. Siden tilfeldige feil vil midles ut på nasjonalt nivå, kan usikkerheten i enkeltkilder være mye høyere enn angitt i Tabell 1. Usikkerheten i utslipp av lystgass fra jordbruket kan for eksempel være opptil 2 størrelsesordener. Usikkerheten i en annen viktig utslippskilde, metan fra deponering av avfall, er  $\pm 30$  prosent. CO<sub>2</sub>-utslipp fra prosessindustrien og fra forbrenning av kull og gass har en usikkerhet på under  $\pm 10$  prosent. Det skyldes dels at utslipp fra prosessene er enkle å beregne og at karboninnholdet i råvarene måles regelmessig. For PFK-utslipp fra aluminium og diffuse utslipp av metan er usikkerheten imidlertid noe høyere (Rypdal og Zhang 2000).

**Boks 3. Formulering av miljøforpliktelser**

Til nå har det vært vanlig at man i miljøavtaler spesifiserer krav om *prosentvise reduksjoner* (eller maksimal økning) i utslipp. For eksempel vil Norge om Kyoto-protokollen tre i kraft forplikte seg til å maksimalt øke sine samlede klimagassutslipp med 1 prosent fra 1990 til perioden 2008-2012. Seks ulike klimagasser inngår i forpliktelsene under Kyoto-protokollen. Disse blir veid sammen med GPW-faktorer (Global Warming Potentials).

I Gøteborgprotokollen er utslippsforpliktelsene basert på *utslippstak*, det vil si maksimalt utslipp i målåret. Disse takene er bestemt for hvert land basert på hvor stor skade som er knyttet til utslippene av hver komponent med hensyn på forsuring, eutrofiering og dannelsen av bakkenær ozon, samt kostnadene knyttet til reduksjoner i utslipp.

**3. Hva innebærer usikkerhet?**

Kvaliteten på utslippsdata vil variere mellom land. For eksempel vil noen land bruke mer avanserte metodikker og ta mer hensyn til nasjonale forhold enn andre. Et nærliggende spørsmål er derfor om anslag på usikkerhet kan brukes til å si noe om forskjeller i kvalitet på data. Svaret på det er stort sett nei. Ulike land har ulike utslippskilder som er viktige, og siden forskjellen i usikkerhet mellom kilder er stor, er det i stor grad kildesammensetningen som bestemmer usikkerheten i totale utslipp. Et land med en høy andel CO<sub>2</sub>-utslipp vil derfor ha en lav usikkerhet i totale klimagassutslipp selv om kvaliteten er dårlig. Så langt har få land gjennomført beregninger av usikkerhet i klimagassutslippene, mens ingen land utenom Norge har publisert usikkerheten i andre utslippskomponenter. I Rypdal og Winiwarter (2001) ble usikkerhetene i noen regnskap av antatt god kvalitet sammenlignet. Anslagene på usikkerheten i totale klimagassutslipp varierte fra  $\pm 4$  til  $\pm 20$  %<sup>4</sup>. Hovedkonklusjonen var at forskjeller i total usikkerhet, ved siden av kildesammensetningen, var påvirket av ulike vurderinger av usikkerheten i utslipp av lystgass fra jordbruket. Alle er enige om at usikkerheten i denne kilden er høy, men ulike eksperter er uenige om hvor høy<sup>5</sup>. Det er lite sannsynlig at usikkerheten for hver utslippskilde varierer mye mellom landene som har utviklet utslippsregnskap av høy kvalitet, og konklusjonen er at usikkerhetsestimatene ikke er direkte sammenlignbare.

Usikkerheten i trenden i klimagassutslipp er beregnet til ca.  $\pm 4$ -5 prosentpoeng i de landene som har gjennomført en slik analyse<sup>6</sup>. Det betyr at dersom et land rapporterer reduksjoner i utslipp som faller sammen med forpliktelsene, eller er inntil 4 prosentpoeng lavere, så kan vi statistisk sett ikke være sikre på at Kyoto-protokollen er innfridd. Tilsvarende gjel-

der for utslippstakene, og her kan absolutt usikkerhet (i ktonn) være svært høy dersom taket har en høy absoluttverdi (f.eks. i land med absolutt høye utslipp).

Man kan argumentere for at usikkerheten er irrelevant for å vurdere om et land har innfridd sine forpliktelser. Når landene rapporterer data, skal disse være basert på retningslinjer og god praksis. Om avtalen er innfridd eller ikke, er bare basert på vurderinger av om retningslinjene er fulgt, usikkerheter skal ikke trekkes inn. På den annen side er ikke reglene for utslippsberegninger helt rigide. Landene har stor fleksibilitet i valg av metodikk og utslippsfaktorer dersom disse kan dokumenteres. Siden utslippsberegningene er basert på forskningsresultater, betyr det at dataene ofte vil bli forbedret over tid. Slike forbedringer skal gjøres for alle historiske år for å sikre konsistens i tidsserien. Dette kalles rekalkuleringer. Usikkerhetsestimatene kan brukes som et mål på sannsynlig intervall for slike rekalkuleringer (Rypdal og Winiwarter 2001). Prosentvise reduksjoner er ofte nokså robuste for rekalkuleringer fordi også dataene i basisåret gjerne blir endret. På den annen side er utslippstak ofte svært lite robuste (Rypdal 2002).

Siden det er store kostnader knyttet til å gjennomføre reelle reduksjoner eller kjøpe utslippskvoter, kan landene ha sterke insitamenter for å gjennomføre rekalkuleringer som gjør utslippsnivået lavere, mens de har lite insitamenter for det motsatte. Usikkerheten gir altså muligheter for bevisst eller ubevisst manipulasjon med utslippsdata for å lettere kunne innfri miljøforpliktelsene. Det er derfor viktig å ha et system for kontroll av rapporterte utslippsdata som kan fange opp svakheter i dataene som rapporteres. Dette er man i ferd med å etablere for klimagasser, hvor det gjennomføres revisjoner foretatt av et internasjonalt uavhengig team for å vurdere gyldigheten av de enkelte lands klimagassregnskap.

Tilsvarende betraktninger er også gyldige for handel med utslippskvoter. Hva skal man gjøre dersom en bedrift har solgt 10 ktonn CO<sub>2</sub>-ekvivalenter utslipp til en annen bedrift og dette viste seg egentlig å bare være 8? Dette er særlig viktig å ta hensyn til i internasjonal kvotehandel siden slik handel skal kobles mot de nasjonale regnskapene. Også her er det viktig at utslippsdata fra en bedrift blir forbedret dersom det er grunnlag for det, selv om dette fører til høyere utslipp fra bedriften. I det første forslaget til kvotesystem for både Norge (som ble vedtatt av Stortinget i juni) og EU er dette delvis løst ved at det stort sett er utslipp av CO<sub>2</sub> (eller andre utslippskilder med relativt lav usikkerhet) som er inkludert. Dette er vedtatt til tross for at et bredere system var ventet å være mer

<sup>4</sup> Flere av disse analysene er basert på forenklede metodikker.

<sup>5</sup> Anslaget som er brukt for Norge er tatt fra IPCC, men er et høyere anslag enn det andre land har.

<sup>6</sup> Norge og Storbritannia. Østerrike for tre gasser.



kostnadseffektivt, bl.a. fordi det kan være billigere å redusere utslippene av andre klimagasser enn CO<sub>2</sub> (NOU 2000). Også for kvotehandel er det behov for et kontrollsystem (Stortingsmelding nr. 15). Jo større usikkerhet, jo større behov for kontroll. Dette vil bidra til å øke systemkostnadene og er en av grunnene til at det i første omgang bare er utslipp fra et begrenset antall store bedrifter som er inkludert.

#### 4. Usikkerhet kan reduseres

Vurderinger av usikkerhet er nyttig når man skal prioritere forbedringer i beregningene. Dette er anbefalt av IPCC (IPCC 2001) basert på Rypdal og Flugsrud (2001). Landene bør bruke en mer avansert metodikk for de utslippskildene som bidrar mest til total usikkerhet i nivå og trend. På denne måten vil usikkerheten kunne reduseres. Viktige kilder for nivået i det norske klimagassregnskapet er lystgass fra jordbruk, metan fra avfallsfyllinger og PFK fra aluminiumproduksjon. HFK fra kjøleanlegg og lystgass fra biler er særlig viktig for trenden. Dette er ikke nødvendigvis de største utslippene, men de som bidrar mest til total usikkerhet i henholdsvis nivå og trend. Utslipp som øker og minker vil f.eks. bidra mye til usikkerheten i trend selv om utslippene ikke er veldig høye. For lystgass fra jordbruk (bruk av mineralgjødsel, husdyrgjødsel og indirekte utslipp), som bidrar aller mest, er det vanskelig å redusere usikkerheten med dagens kunnskap. Dette ville kreve et omfattende forskningsarbeid.

Det foregår i Norge og internasjonalt en del forskning på utslippskilder og utslippsfaktorer som kan bidra til å redusere usikkerheten i utslippsdata ved at det utvikles bedre beregningsmetoder. For mange land vil også generelle forbedringer i beregningene (bedre kvalitet) kunne bidra til å redusere usikkerheten. Potensialet for å redusere usikkerheten i nivået på utslipp av klimagasser er 5-6 prosentpoeng (Winiwarter og Rypdal 2001). Derimot vil det være vanskelig å redusere usikkerheten i trenden nevneverdig. Dette skyldes bl.a. at det ikke er mulig på en uavhengig måte å implementere en ny metodikk for basisåret 1990. Man kan f.eks. åpenbart ikke gjennomføre nye målinger for et år som er passert. Dette vil kunne endre seg dersom man etter hvert blir enige om forpliktelser under f.eks. Kyoto-protokollen med et nyere basisår. Usikkerheten kan da reduseres dersom det er grunnlag for å implementere mer avanserte beregningsmetodikker fra et tidlig tidspunkt. For en del utslippskilder vil dette være kostbart, og til og med umulig på kort sikt. I flere tilfeller er det ventet at det kan koste mer enn kvoteprisen å frembringe et «sikkert» utslippsestimat for en gitt mengde CO<sub>2</sub>-ekvivalenter.

#### 5. Konklusjon

Regnskapet over utslipp til luft er basert på til dels usikre beregninger. Usikkerheten er særlig høy for utslipp fra jordbruket. Usikkerheten i det totale nivået av utslipp av klimagasser kan være opptil ±20 prosent, og usikkerheten i trenden ±4 prosentpoeng. Usikkerheten i utslippsnivå av bl.a. NO<sub>x</sub>, NMVOC og NH<sub>3</sub> kan også være høy og av betydning, fordi forpliktelsene er gitt som maksimalt tillatt utslipp. Avtalene må derfor være overoppfylt for at man statistisk sett kan være sikre på at de er innfridd. For forpliktelser under Kyotoprotokollen og andre avtaler som regulerer utslipp til luft, betyr dette at man ikke kan utelukke at noen land utnytter usikkerheten til å rapportere gale data i stedet for å gjennomføre tiltak. For å unngå dette blir det utarbeidet felles regler for utslippsregnskap. For klimagasser vil internasjonale revisjonsteam revidere regnskapene. Det er også verdt å merke seg at avtaler som fastsetter prosentvise reduksjoner er mye mer robuste for usikkerheter og systematiske feil enn avtaler som er basert på maksimalt tillatt utslipp.

Utslippsdata for enkeltbedrifter vil inngå i et system for handel med utslippskvoter. Selv om systemet som er vedtatt av Stortinget i første omgang bare vil omfatte utslipp fra større industribedrifter, vil det allikevel være en viss usikkerhet knyttet til dataene som inngår i systemet. Siden det innebærer økonomiske kostnader å redusere utslipp eller å kjøpe utslippskvoter (og selvfølgelig en gevinst å selge), innebærer dette at enkelte bedrifter kan ha insitamenter til å rapportere gale data. Derfor er det også i et kvotesystem behov for regler for beregninger og et målrettet kontrollsystem. Dette behovet vil øke om systemet utvides til å omfatte flere utslippskilder og flere aktører.

Estimater over usikkerhet i utslippsdata kan foreløpig ikke brukes til å sammenligne kvaliteten på dataene i ulike land. Det skyldes dels at ulike kilder med ulik usikkerhet er viktige i forskjellige land og dels at vurderingene av usikkerhet så langt er subjektive. Det er imidlertid anbefalt å utnytte kunnskaper om usikkerheter når dataene skal forbedres. De delene av regnskapet som bidrar mest til total usikkerhet bør prioriteres. Dette vil bidra til å redusere usikkerheten på sikt. For en del utslippskilder vil det imidlertid kreve grunnleggende forskning på utslippskilder for å få til en vesentlig reduksjon.

**Referanser**

Flugsrud, K., E. Gjerald, G. Haakonsen, H. Høie, K. Rypdal, B. Tornsjø og F. Weidemann (2000): *The Norwegian Emission Inventory. Documentation of methodology and data for estimating emissions of greenhouse gases and long-range transboundary air pollutants*, Rapport 2000/1, Statistisk sentralbyrå.

IPCC (1996): *IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*, Volume 1, 2, and 3, Intergovernmental Panel on Climate Change, London.

IPCC (2001): Good Practice Guidance and Uncertainty Management in *National Greenhouse Gas Inventories* (J. Penman et al., eds.). IPCC National Greenhouse Gas Inventories Programme, Technical Support Unit, Hayama, Japan.

NOU (2000): *Et kvotesystem for klimagasser*, NOU 2000:1

Rypdal, K. og K. Flugsrud (2001): *Sensitivity Analysis as a Tool for Systematic Reductions in GHG Inventory Uncertainties*, Environmental Policy and Science, Vol 4/2-3. pp 117-135.

Rypdal, K. og W. Winiwarter (2001): *Uncertainties in GHG emission inventories*, Environmental Policy and Science, Vol 4/2-3. pp 107-116.

Rypdal, K. og L.-C. Zhang (2000): *Uncertainties in the Norwegian Greenhouse Gas Emission Inventory*, Rapport 2000/13, Statistisk sentralbyrå.

Rypdal, K. og Li-Chun Zhang (2001): *Uncertainties in Emissions of Long-Range Air Pollutants*, Rapport 2001/37, Statistisk sentralbyrå.

Rypdal, K. (2002): *Uncertainties in the Norwegian emission inventories of acidifying pollutants and volatile organic compounds*, Trykkes i Environmental Science and Policy i 2002.

Stortingsmelding nr. 15 (2001-2002): (Tilleggs-melding til St.meld. nr. 54 (2000-2001)).

Winiwarter, W. og K. Rypdal (2001): *Uncertainties in the Austrian GHG emission inventory*, Atmospheric Environment 35/32, pp 5425-5440.